





**METHOD AND DEVICE FOR INSPECTING AIRBORNE PARTICLE****Publication number:** JP61205844 (A)**Publication date:** 1986-09-12**Inventor(s):** DON AREN DOOTORU**Applicant(s):** ALCAN INT LTD**Classification:****- International:** G01N15/12; G01N15/10; (IPC1-7): G01N15/12**- European:** G01N15/12B1**Application number:** JP19860042785 19860227**Priority number(s):** GB19850005047 19850227**Also published as:** EP0193394 (A2) EP0193394 (A3) EP0193394 (B1) US4926114 (A) NO860720 (A)

more &gt;&gt;

Abstract not available for JP 61205844 (A)

Abstract of corresponding document: EP 0193394 (A2)

The invention concerns apparatus and method for studying particles suspended in an electrically conducting fluid by providing an aperture with a current path therethrough, causing the fluid to flow through the aperture and detecting resistive pulses caused by the passage of suspended particles. &lt;?&gt;Additional information about particle size is generated by designing the aperture such that its cross-section changes progressively along its length, and observing the duration of the resistive pulses, which duration varies with particle size. The method is particularly useful for the study of particles suspended in molten metal.

Data supplied from the esp@cenet database — Worldwide

⑬ Int.Cl.<sup>4</sup>

識別記号

庁内整理番号

⑭ 公開 昭和61年(1986)9月12日

G 01 N 15/12

7246-2G

審査請求 有 発明の数 2 (全6頁)

⑮ 発明の名称 浮遊粒子検査方法及び装置

⑯ 特 願 昭61-42785

⑰ 出 願 昭61(1986)2月27日

優先権主張 ⑱ 1985年2月27日 ⑲ イギリス(GB) ⑳ 8505047

㉑ 発 明 者 ドン・アレン・ドート カナダ国ジー7エス・2エル5, ケベック州ジョンクイー  
 ル, デイツキー 3043  
 ㉒ 出 願 人 アルカン・インターナ カナダ国エツチ3エイ・3ジー2, ケベック州モントリオ  
 シヨナル・リミテッド  
 ㉓ 代 理 人 弁理士 湯浅 恭三 外5名

## 明 細 書

## 1. [発明の名称]

浮遊粒子検査方法及び装置

## 2. [特許請求の範囲]

(1) 貫通する開口部を備えた絶縁壁と、その間を流体を通り且つ開口部を通過して電流の通路を形成するための壁の両側に対向して配置された一対の電極と、流体を制御された速度で開口部を通過させ且つ同時に前記電流の通路により2個の電極間に電流を通過させる手段と、開口部を通過する流体に浮遊する粒子により壁を横切って生じる電気抵抗(抵抗パルス)の変化を検出する手段とを備えて成る導電性の流体内に浮遊する粒子を検査する装置において、前記開口部が流体の流れの方向に有限の長さを有し、開口部の断面積が前記長さの少なくとも一部に沿って連続的に変化し、検出手段が抵抗パルスの持続時間を分析する手段を備えていることを特徴とする装置。

(2) 電気抵抗の変化を検出する手段が瞬間的な電圧の増加を検出する手段であることを特徴とす

る一定の電流条件の下に使用される特許請求の範囲第1項に記載の装置。

(3) 流体内に検出領域を形成し、その検出領域が長手方向の軸線と断面積を有し、検出領域の長手方向に延長する電流通路に沿った流れに対し電流を生じ、検出領域を通過して長手方向に制御された速度で流体を流し、前記粒子が存在することにより検出領域を通過する流体に生じる電気抵抗(抵抗パルス)の変化を検出するようになされた導電性の流体内に浮遊する粒子を検査する方法において、検出領域が長手方向に有限の長さを有し、検出領域の断面積が前記長さの少なくとも一部に沿って連続的に変化し、検出抵抗電圧パルスが前記パルスの持続時間を分析することを含む導電性の流体内に浮遊する粒子を検査する方法。

(4) 導電性の流体が溶解金属であることを特徴とする特許請求の範囲第3項に記載の方法。

(5) 電流が一定電流条件の下に流され、電気抵抗の変化が瞬間的な電圧増加の形式で検出されることを特徴とする特許請求の範囲第3項に記載の

方法。

### 3. (発明の詳細な説明)

米国特許第2,858,508号、1953年10月20日発行は、導電性の液流媒体内に浮遊する粒子を数えるための、抵抗パルス技術として公知の装置を説明している。直径数ミクロンから数百ミクロンの開口を備えた絶縁壁が液流内に浸されている。一對の電極が壁の対向側面に配置され、その間に流体と開口部を通過する電流の経路を形成している。流体は開口部を一定の速度で通過させられ、電流が2個の電極の間を通過する。開口部とその周囲に形成された電場が走査領域を形成する。

不純物のない流体が開口部を通過する場合は、2電極間の抵抗は安定しておりそれによって電圧も安定している。流体内に浮遊する粒子が開口部を通過すると、(あるいは、更に正確には、走査領域を通過すると)抵抗値は変化し、一般的な場合がそうであるように、粒子の導電性が流体のそれより低い場合は、抵抗は増加する。電流を一定とする条件においては、浮遊粒子が開口部を通過

て、より正確な繊維の長さを測定する。

このようにして更に説明される該装置は本質的にイオン導電特性を有する液体に関する。ヨーロッパ特許第119770号の明細書によれば、この概念は、電子導電特性を有する溶解金属に拡張され、その目的のために高電流密度が要求される。

これらの装置すべてにおいて、開口部の断面積はその長さ方向に沿って一定であるかあるいはその上流部および下流部の端において流体の流れに乱れのないように形成されているが、追加の情報を提供するためにいかなる機械的な方法においても、その長さの方向に沿って変化させるようにはなっていない。

本発明に従えば、開口部は流体の流れの方向に沿って有限の長さを有し、開口部の断面はその長さ方向の少なくとも一部に沿って次第に変化するようになされている。断面がこのように次第に変化している結果として、開口部を通過する粒子により生じる抵抗パルスの持続は粒子の寸法に依存

すると、電圧パルスが発生し、これは簡単に検出される。それと代替的に、電圧を一定とする条件においては、電流パルスが発生し、この場合は瞬間的に電流の減少を生じる。流体の流量を知り、電圧パルスの発生率を知れば、流体の単位容積当りの粒子数を簡単に計算できる。1953年以来、この装置は非常に開発され洗練され、これに関する多数の特許および文献が現在存在する。

米国特許第3,668,531号を含めて、様々な特許が、電圧パルスの振幅を利用して、どのように反応した粒子の大きさを判定可能かを説明している。米国特許第3628140号は、分解能を増加させるために、開口部の上流あるいは下流に円錐形の室を提供している。

米国特許第3,441,848号は繊維の長さ測定に関する。流体内に浮遊する繊維は開口部を長さ方向に通過する。該特許はこれを利用して、電圧パルスの持続時間を使用して反応する繊維の長さを判断する。米国特許第3,680,568号においては、電圧パルスの振幅と持続時間の組合わせを利用して

する。本発明に従えば、抵抗パルスの持続時間が分析され、その粒子の寸法についての情報が提供される。抵抗パルスとは、一定電流における電圧の瞬間的增加あるいは一定電圧における電流の瞬間的減少を意味する。本発明を実施する好ましい方式においては、一定電流条件が使用され、任意の閾値を超える電圧の時間の長さが測定される。

断面の連続的な変化は先端を切った円錐形の開口部により提供される。代替的に、開口部は円環内にある穴のような形状にすることも可能である。その他の形状も可能である。

第1図を参照すれば、対向する両側にある壁に表面18、20を有する導電流体内に浸されて、絶縁壁10とそこを通る開口12、対向する壁に配置された一對の電極14と16とがある。流体は制御された流速で矢印の方向に開口を通過するようになされている。一定の電流が電極間を流れ、開口部を通過する粒子により生じる電圧パルスが(図示されていない手段により)検出され分

析される。

開口部は長手方向の軸線24と、流体の流れの方向に減少する直径を有する先端を切った円錐の形状を有するものとして示されている。

ほぼ導電性のない粒子が円形の断面積（ほぼ粒子の断面より大きい領域）の開口部を通過する場合（ドブロフ・R・Wおよびビーン・C・P、「抵抗パルス技術によるサブミクロン粒子の計数と寸法測定」、開口部を横切って測定された抵抗は以下の方程式により与えられるということが示されている。

$$\Delta R = \left( \frac{\Delta V}{I} \right) = \frac{4\rho}{\pi} \cdot \frac{d^3}{D} \quad (1)$$

$\Delta R$ は、開口部の電気抵抗の変化。

$\Delta V$ は、電流 $I$ が存在する場合に表示される電圧の対応する変化。

$\rho$ は、流体の固有抵抗値。

$d$ は、粒子の同等の球の直径。

$D$ は、開口部の直径。

は、便利な例として役立つ。

第2図にある円錐の影の部分内にある任意の点「X」における抵抗の変化（ $\Delta V/I$ ）を生じさせる直径「d」の粒子の場合を考察する。

円錐の頂点にある原点を固定すると、基礎直径「D」は単純に、

$$D(X) = KX, \quad (3)$$

となる。

ここでKは円錐により区切られた半角度（ $\theta$ ）の正接の2倍であり、

$$\text{つまり、} D(X) = 2(\tan \theta)X \quad (4)$$

円錐の容積は、

$$V = \frac{1}{3} \pi \left( \frac{D}{2} \right)^2 h \quad (5)$$

$h$ は、円錐の高さ。

$D$ は、基礎直径。

かくて、第2図に図示された、 $X_1$ から一定の距離 $X$ までの先端を切った円錐の容積は

方程式(1)を変形して、方程式(2)が得られる。

$$D = \left[ \frac{4\rho}{\pi} \left( \frac{1}{\Delta V} \right) d^3 \right]^{\frac{1}{4}} = \left[ \frac{4\rho}{\pi} \cdot \frac{d^3}{\Delta R} \right]^{\frac{1}{4}} \quad (2)$$

これは、開口部 $D$ の直径の明確な表現であり、この直径において、直径 $d$ の粒子が開口部の抵抗を以下の式の程度変化させる。

$$\Delta R \cdot \left( \frac{\Delta V}{I} \right)$$

第1図と方程式(2)を点検すると、大きい粒子は小さい粒子に比較して、抵抗を $\Delta R$ の値に従い、より早く抵抗を変化させる、ということが明白となる。更に、次に示すように、開口部の形状が知られていて、流れの条件が適当に選択されている場合、粒子の通過が抵抗に最小の変化を生じさせる持続時間と粒子の寸法との間に関数関係を構成することが可能である。

先端を切った円錐の形状を有する開口部の場合

$$V(X) = \frac{\pi}{3} \cdot X \left( \frac{D(X)}{2} \right)^2 = \frac{\pi}{3} \cdot X \left( \frac{D(X)}{2} \right)^2 \quad (6)$$

$D(X)$ の変りに $\tan \theta(X)$ を置換えて、

$$V(X) = \frac{\pi}{3} \cdot \tan^2 \theta \left( X^3 - X_1^3 \right) \quad (7)$$

先端を切った円錐を通過する流体内に実質的な速度の変化はないと仮定する。これは、非粘性流れと仮定した場合に、小さい薄い開口部を通過する容積流速が、ベルヌーイの方程式により正確に予測可能である、という観察に基づいて正当化される。この仮定により、粒子が地点 $X$ から $X_1$ までの通過するに要する時間「 $T$ 」は単純に

$$T = \frac{V(X)}{Q} \quad (8)$$

$Q$ は、流体の容積流速である。

方程式(2)を方程式(4)と法定式(8)へ代入して、粒子の直径「 $d$ 」が、開口部の電気抵抗 $\Delta R$ の増加を生ぜしめる時間と、粒子の直径「 $d$ 」との間の明確な関係を提供する。

$$T = \frac{\pi}{3} \cdot \frac{\tan^2 \theta}{Q} \cdot \left( \left[ \frac{1}{2 \tan \theta} \left( \frac{4\rho}{\pi} \cdot \frac{d^3}{\Delta R} \right)^{\frac{1}{3}} \right]^3 - X_1^3 \right) \quad (9)$$

あるいは、好ましい実施例にあるように更に簡単に、電流  $I$  が存在する場合に電圧の変化 ( $\Delta V$ ) を使用して、

$$T = \frac{\pi}{24 \tan \theta \cdot Q} \left[ \left( \frac{4\rho \cdot I \cdot d^3}{\pi \cdot \Delta V} \right)^{\frac{1}{3}} - D_1^3 \right] \quad (10)$$

$D_1$  は、先端を切った円錐の小さい方の直径である。

事例として、60アンペアの適用電流 ( $I$ ) が存在する場合に、流速  $2.67 \times 10 \text{ M/秒}$  ( $16 \text{ cc/分}$ ) において、小さい方の直径  $D_1 = 3 \times 10 \text{ M}$  と傾斜角度  $\theta = 8.53$  度の先端を切った開口部を通過する溶解アルミニウム ( $\rho = 25 \times 10 \text{ } \Omega \text{ M}$ )、の場合を考察する。直径 ( $d$ ) の粒子の通過する間に閾値電圧 ( $\Delta V$ 、この事例では  $10 \mu \text{ V}$ ) を超過する時間  $T$  は、方程式 (10) へ代入して得られる。

一定の断面の開口部を通過する粒子により発生する電圧パルスの振幅は、粒子の寸法の測定をするために分析され、この技術は第3図にある形式の開口部に関連して使用可能である。この図においては、開口部は、その直径が流体の流れの方向 (左から右) に減少する先端を切った円錐形の上流部分25を有し、円筒形の下流部分26を有する。粒子が開口部の部分24を通過する場合に、電圧パルスの持続時間の測定は、電圧パルスの振幅の測定と組み合わせることが可能であり、これにより良好な粒子寸法の判定が可能である。

第3図の開口部は、流れが乱れる危険がいくらか大きいにもかかわらず、代替的に右から左への流体の流れに使用可能である。

第4図においては、開口部は減少する直径を有する先端を切った円錐形の上流部分28と、増加する直径を有する先端を切った円錐形の下流部分30となら成る。この形状は、第1図の形状と比較して、粒子の寸法の与えられた変化に対する電圧パルスの持続時間の変化が倍になる、という利

$d (10 \text{ m})$	$T (10 \text{ s})$
20	54
25	146
30	265
35	412
40	589
45	792
50	1030

流体の流れの方向にある開口部の長さは、個々の粒子の長さよりもほぼ長い。開口部 (あるいはそれに関連する検出領域) が1度に1個以上の粒子を含まない程度に十分小さい。繊維のような針状の粒子については、上述の方程式はやや正確度を欠き、かくて、本発明は、溶解金属中に浮遊する粒子のような、球状の形態からあまりはずれないような場合にとりわけ有用である。直径と傾斜角度の最低は、浮遊粒子の予想寸法の範囲を考慮することにより選択可能である。開口部の上流と下流の端は流線形の液流を促進するように形成される。

点を有する。

第5図においては、減少する直径を有する先端を切った円錐形の上流部分32と、円筒形の中間部分34と、増加する直径を有する先端を切った円錐形の下流部分36とを有する。

第6図においては、壁10が長手方向の軸線24を有する開口部を有する。しかし開口部を形成する壁38は軸線に平行な方向に対して直線ではなく、湾曲している。実際に、該開口部は円環状の穴の形状を有し、軸24の周囲に40を円の中心として半径  $r$  の円を回転させることにより概念的に生成し得る。代替的には、概念的な円は、その長軸を開口部の軸線24に対し平行にあるいは垂直に置く楕円形に置き換え可能である。実際に湾曲した表面38は、開口部の断面積がその長さの少なくとも一部に沿って連続的に変化するという要求に応じて、様々な方法で形成可能である。

第7図は、本発明の数学的処理の図式的表現である。該グラフは、最大直径  $0.6 \text{ mm}$ 、最小直

径 $\phi$ 、3 mm、長さ1.3 mmの円錐開口部を通して、直径の範囲が20~35  $\mu$ mの粒子の通過に対する理論的電圧-時間曲線である。これらの曲線は距離の増分を使用してコンピュータプログラムにより生成される。つまり、一定電流条件において、開口部の軸線に沿って測定された5  $\mu$ mの増分において、Vが方程式(1)を使用して計算されたものである。点線は、電圧パルスがそのために与えられた閾値、つまり10マイクロボルト、を超過する持続時間が粒子の寸法が増加するにつれて増加する、という事実を示している。

#### 実施例

1重量%の塩化カリウム溶液に既知の直径のガラス玉を散乱させた、第1図にある円錐形の開口部を備えた装置を使用して実験が行われた。以下の表は、ガラス玉の直径に対する電圧パルスの持続時間を(任意の参照電圧を超えるものをミリセカンドで)詳細に説明している。

電圧パルス持続時間(ms)	ガラス玉直径
0.18	57
0.48	85
0.80	107
0.59	103
0.18	56.8
0.20	56.8

最初の3個の結果は、単一散乱の混合ガラス玉を使用して得られた。電圧パルス持続時間がガラス玉の直径を判断するのに使用可能であることは明白である。

#### 4. (図面の簡単な説明)

第1図は、本発明による装置の図式的ダイアグラム。

第2図は、円錐、第3図から第6図までは、第1図の装置に使用される代替的開口部を通る軸線方向の断面。

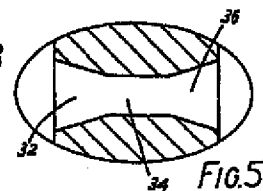
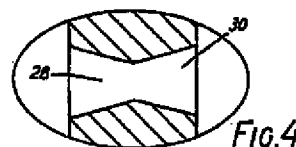
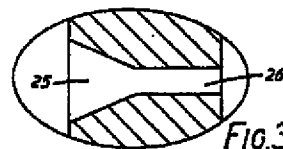
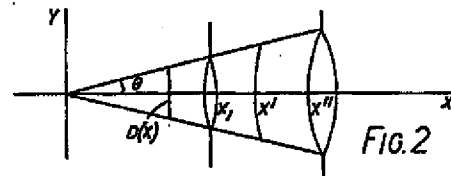
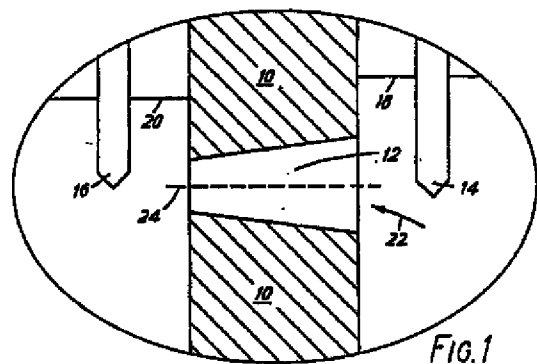
第7図は、異なる寸法の粒子に対する電圧パルスの輪郭を示す時間に対応する番号のグラフ。

10...絶縁壁、12...開口部、14...電極、16

...電極、18...表面、20...表面、22...矢印、  
24...長手方向の軸、25...上流部分、26...下  
流部分、28...上流部分、30...下流部分、32  
...上流部分、34...中間部分、36...下流部分、  
38...壁、40...円の中心。

代理人 弁理士 湯 浅 恭 三

(外5名)



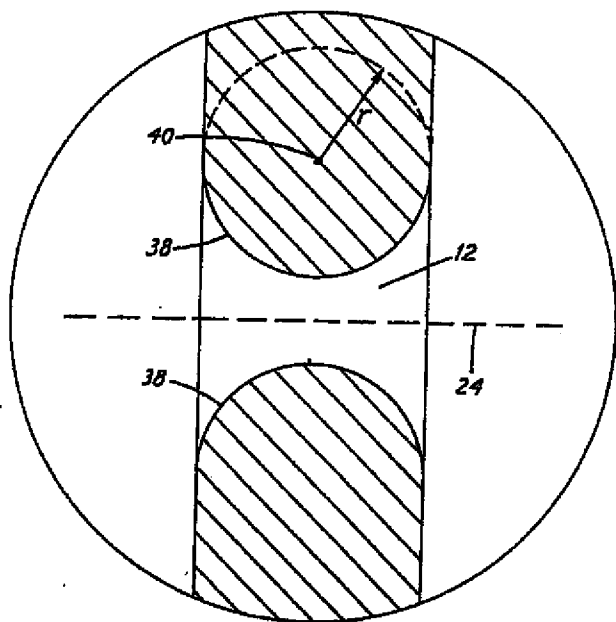


FIG. 6

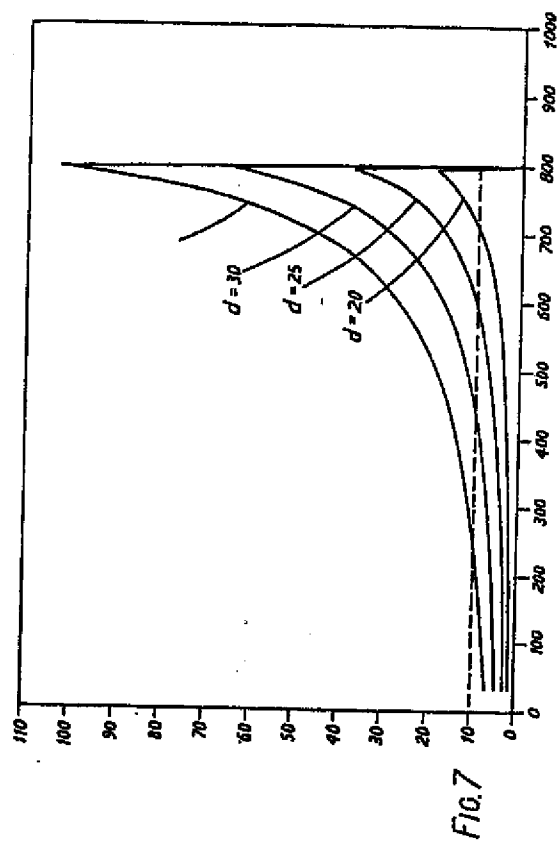


FIG. 7